TECHNICAL DATA SHEET
برگه اطلاعات فنی

قوطی کامپوزیتی FRP

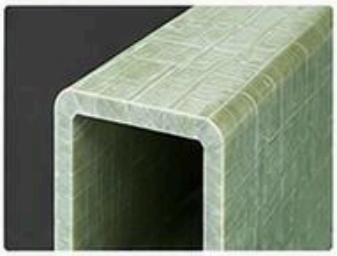
FRP / GRP SQUARE & RECTANGULAR TUBE



PRODUCT SERIES
FRP/GRP SQUARE & RECTANGULAR TUBE



انواع مقاطع و ابعاد



مشخصات فنی



رنگ‌ها و سطح



کاربردها

قوطی کامپوزیتی FRP ناباک کامپوزیت (FRP / GRP Square & Rectangular Tube) یک پروفیل پالتروژن توخالی مربع یا مستطیل از کامپوزیت GFRP است؛ پروفیل سازه‌ای سبک با مقطع بسته و سفتی پیچشی بالا، بدون زنگ‌زدگی، عایق الکتریکی و حرارتی و بدون نیاز به رنگ که جایگزین قوطی فولادی، گالوانیزه و آلومینیومی در سازه‌ها و تجهیزات محیط‌های خورنده می‌شود.

25 – 200 mm	≥ 240 MPa	≥ 23 GPa	6 / 12 m
ابعاد مقطع قوطی	مقاومت کششی طولی (E23)	مدول الاستیسیته طولی	طول شاخه

قوطی کامپوزیتی FRP (پروفیل قوطی GFRP) چیست؟

قوطی کامپوزیتی که با نام‌های **قوطی FRP**، **قوطی GFRP**، **قوطی فایبرگلاس**، **پروفیل قوطی کامپوزیتی**، **قوطی مربع و مستطیل کامپوزیتی** و **لوله چهارگوش فایبرگلاس** شناخته می‌شود، با فرایند پالتروژن تولید می‌شود: رووینگ‌های پیوسته الیاف شیشه همراه با مت و پارچه‌های چندجهته از حمام رزین عبور کرده، روی یک ماندرل ثابت در قالب گرم شکل گرفته و به‌صورت پروفیل توخالی پخت می‌شوند. لایه سطحی (Surface Veil) پروفیل را در برابر UV و رطوبت محافظت می‌کند.

FRP نام عمومی پلیمرهای تقویت‌شده با الیاف است و GFRP (یا GRP) کامپوزیت FRP با الیاف شیشه است. مقطع بسته قوطی کامپوزیتی، در وزن برابر، سفتی پیچشی بسیار بیشتری از پروفیل‌های باز (ناودانی، I و نبشی) دارد و در برابر کمانش جانبی-پیچشی مقاوم‌تر است؛ به همین دلیل قوطی FRP انتخاب اصلی برای ستون، تیر سبک، قاب و اعضای خرپایی کامپوزیتی است.

ساختار لایه‌ای دیواره قوطی کامپوزیتی

لایه سطحی (Veil)	مت عرضی	رووینگ طولی	مت و Veil داخلی
لایه غنی از رزین با الیاف پلی‌استر برای صافی سطح، مقاومت UV و جلوگیری از بیرون زدن الیاف.	مت پیوسته یا پارچه ±۴۵° که استحکام عرضی، برشی و مقاومت لهیدگی پیچ را تأمین می‌کند.	هسته اصلی الیاف شیشه پیوسته در جهت طول؛ منبع استحکام و مدول خمشی و محوری قوطی FRP.	لایه داخلی برای تعادل مقطع، جلوگیری از تاب‌برداشتن و محافظت سطح داخلی.

مزایای قوطی FRP نسبت به قوطی فولادی

- **ضد خوردگی:** قوطی کامپوزیتی در آب دریا، بخارات اسیدی، کلر و فاضلاب زنگ نمی‌زند؛ بدون گالوانیزه و رنگ.
- **سبک:** چگالی پروفیل GFRP حدود ۱٫۸۵ g/cm³؛ قوطی ۶×۱۰۰×۱۰۰ تنها ۴٫۲ kg/m.
- **عایق الکتریکی و حرارتی:** مناسب پست برق، سکوهای تعمیر خطوط و فضاهای با خطر برق‌گرفتگی.
- **غیرمغناطیسی و شفاف در برابر امواج:** مناسب سازه آنتن، رادار و تجهیزات اندازه‌گیری.
- **ساخت آسان:** برش با اره الماسه و اتصال پیچی یا چسبی؛ بدون جوشکاری و مجوز کار گرم.
- **عمر طولانی:** هزینه چرخه عمر بسیار کمتر از قوطی فولادی در محیط‌های خورنده.

رنگ، رزین و سطح قوطی FRP

جدول ۱ – گزینه‌های رزین و رنگ قوطی کامپوزیتی

رزین	دمای کاری تقریبی	ویژگی	کاربرد پیشنهادی
پلی‌استر ایزوفتالیک	≈ ۸۰ °C	اقتصادی، مقاومت شیمیایی خوب	سازه‌های عمومی، معماری، آب و فاضلاب
وینیل‌استر	≈ ۱۰۰ °C	مقاومت شیمیایی و خستگی عالی	پتروشیمی، برج خنک‌کننده، آبکاری
رزین ضد شعله	≈ ۸۰ °C	ASTM E84 ≤ ۲۵، خودخاموش	فضاهای عمومی، تونل، پست برق

رنگ‌های رایج قوطی کامپوزیتی **زرد، طوسی، سبز، کرم و مشکی** هستند و رنگ‌های سفارشی RAL هم تولید می‌شوند. رنگ‌دانه در کل ضخامت پروفیل GFRP پخش شده و با سایش یا خراش از بین نمی‌رود.

جدول قوطی مربع کامپوزیتی

جدول ۲ — قوطی مربع FRP: ابعاد و خواص مقطع (ρ = 1.85 g/cm³)

ابعاد B×B×t (mm)	سطح مقطع A (mm²)	وزن (kg/m)	ممان اینرسی I (mm⁴)	مدول مقطع W (mm³)	شعاع ژیراسیون i (mm)	ثابت پیچشی J (mm⁴)
۲۵ × ۲۵ × ۳	۲۶۴	۰٫۴۹	2.17×10^{4}	1.74×10^{3}	۹٫۱	3.19×10^{4}
۳۸ × ۳۸ × ۳٫۲	۴۴۵	۰٫۸۲	9.07×10^{4}	4.77×10^{3}	۱۴٫۳	1.35×10^{5}
۴۰ × ۴۰ × ۴	۵۷۶	۱٫۰۷	1.26×10^{5}	6.30×10^{3}	۱۴٫۸	1.87×10^{5}
۵۰ × ۵۰ × ۴	۷۳۶	۱٫۳۶	2.62×10^{5}	1.05×10^{4}	۱۸٫۹	3.89×10^{5}
۵۰ × ۵۰ × ۶	۱۰۵۶	۱٫۹۵	3.47×10^{5}	1.39×10^{4}	۱۸٫۱	5.11×10^{5}
۶۰ × ۶۰ × ۵	۱۱۰۰	۲٫۰۴	5.59×10^{5}	1.86×10^{4}	۲۲٫۵	8.32×10^{5}
۷۶ × ۷۶ × ۶٫۴	۱۷۸۲	۳٫۳۰	1.45×10^{6}	3.82×10^{4}	۲۸٫۵	2.16×10^{6}
۱۰۰ × ۱۰۰ × ۶	۲۲۵۶	۴٫۱۷	3.34×10^{6}	6.67×10^{4}	۳۸٫۵	4.98×10^{6}
۱۰۰ × ۱۰۰ × ۸	۲۹۴۴	۵٫۴۵	4.18×10^{6}	8.37×10^{4}	۳۷٫۷	6.23×10^{6}

جدول قوطی مستطیل کامپوزیتی

جدول ۳ — قوطی مستطیل FRP: ابعاد و خواص مقطع حول محور قوی x

ابعاد H×B×t (mm)	سطح مقطع A (mm²)	وزن (kg/m)	I_x (mm⁴)	W_x (mm³)	i_x / i_y (mm)	J (mm⁴)
۵۰ × ۲۵ × ۳	۴۱۴	۰٫۷۷	1.26×10^{5}	5.02×10^{3}	۹٫۸ / ۱۷٫۴	9.30×10^{4}
۶۰ × ۴۰ × ۴	۷۳۶	۱٫۳۶	3.45×10^{5}	1.15×10^{4}	۱۵٫۶ / ۲۱٫۷	3.53×10^{5}
۸۰ × ۴۰ × ۴	۸۹۶	۱٫۶۶	7.11×10^{5}	1.78×10^{4}	۱۶٫۰ / ۲۸٫۲	5.35×10^{5}
۱۰۰ × ۵۰ × ۵	۱۴۰۰	۲٫۵۹	1.74×10^{6}	3.47×10^{4}	۲۰٫۰ / ۳۵٫۲	1.31×10^{6}
۱۲۰ × ۶۰ × ۶	۲۰۱۶	۳٫۷۳	3.60×10^{6}	6.00×10^{4}	۲۴٫۰ / ۴۲٫۳	2.71×10^{6}
۱۵۰ × ۷۵ × ۶	۲۵۵۶	۴٫۷۳	7.30×10^{6}	9.73×10^{4}	۳۰٫۶ / ۵۳٫۴	5.56×10^{6}
۲۰۰ × ۱۰۰ × ۸	۴۵۴۴	۸٫۴۱	2.31×10^{7}	2.31×10^{5}	۴۰٫۸ / ۷۱٫۲	1.76×10^{7}

خواص مقطع با فرمول‌های ۱ تا ۴ (صفحه ۴) و برای گوشه‌های تیز محاسبه شده‌اند؛ گوشه‌های گرد واقعی، مقادیر را کمی کاهش می‌دهد. ابعاد، اندازه‌های رایج قوطی کامپوزیتی پالتروژن در بازار است؛ ابعاد سفارشی با ساخت قالب امکان‌پذیر است. تلرانس‌ها طبق EN 13706-2.

مربع یا مستطیل؟ قوطی مربع کامپوزیتی در هر دو جهت سفتی برابر دارد و برای ستون، پایه هندریل و اعضای فشاری انتخاب بهتری است. قوطی مستطیل FRP با قرار گرفتن ضلع بلند در جهت بار، در وزن برابر خیز کمتری دارد و برای تیر، تیرچه سکو و لاپه مناسب‌تر است.

طول، تلرانس و بسته‌بندی

جدول ۴ — تلرانس‌های رایج قوطی FRP پالتروژن (EN 13706-2)

پارامتر	تلرانس رایج	توضیح
ابعاد خارجی مقطع	±۰٫۵ تا ±۱٫۰ mm	بسته به اندازه مقطع قوطی کامپوزیتی
ضخامت دیواره	±۱۰٪ (حداقل ±۰٫۲ mm)	کنترل در چهار ضلع
صافی طولی (Straightness)	≤ ۰٫۲٪ طول	شاخه ۶ m: حداکثر ۱۲ mm انحنا
پیچیدگی (Twist)	≤ ۱° در هر متر	اهمیت در قاب‌ها و اتصالات
طول شاخه	۶۰۰۰ mm (+۲۰ / -۰)	طول‌های تا ۱۲ m و برش سفارشی

خواص مکانیکی قوطی کامپوزیتی طبق EN 13706

جدول ۵ – حداقل خواص گریدهای پروفیل پالتروژن EN 13706-3 و مقادیر رایج قوطی FRP

خاصیت	روش آزمون	گرید E23 (حداقل)	گرید E17 (حداقل)	مقدار رایج قوطی GFRP
مدول کششی طولی	EN ISO 527-4	۲۳ GPa	۱۷ GPa	۲۳ – ۲۸ GPa
مقاومت کششی طولی	EN ISO 527-4	۲۴۰ MPa	۱۷۰ MPa	۲۵۰ – ۳۵۰ MPa
مقاومت کششی عرضی	EN ISO 527-4	۵۰ MPa	۳۰ MPa	۵۰ – ۸۰ MPa
مقاومت خمشی طولی	EN ISO 14125	۲۴۰ MPa	۱۷۰ MPa	۲۵۰ – ۳۵۰ MPa
مقاومت خمشی عرضی	EN ISO 14125	۱۰۰ MPa	۷۰ MPa	۱۰۰ – ۱۳۰ MPa
مقاومت برشی ظاهری	EN ISO 14130	۲۵ MPa	۱۵ MPa	۲۵ – ۳۵ MPa
لهیدگی پیچ (طولی / عرضی)	EN 13706 Annex	۱۵۰ / ۷۰ MPa	۹۰ / ۵۰ MPa	۱۸۰ – ۲۲۰ / ۹۰ – ۱۲۰ MPa
مدول برشی درون‌صفحه‌ای G	–	–	–	۳ – ۴ GPa
چگالی / سختی بارکول	ISO 1183 / EN 59	–	–	۱٫۸ – ۱٫۹ g/cm³ / ≥ ۴۵
ضریب انبساط حرارتی طولی	–	–	–	۸ – ۱۰ ×۱۰⁻⁶/°C

مقادیر گریدها از متن رایج EN 13706-3 نقل شده‌اند و ستون آخر محدوده‌های رایج صنعت کامپوزیت FRP و GFRP است، نه نتایج آزمایشگاهی اختصاصی نابک کامپوزیت. قوطی کامپوزیتی نابک بر پایه گرید E23 طراحی می‌شود.

مقایسه قوطی کامپوزیتی با قوطی فولادی و آلومینیومی

جدول ۶ – قوطی FRP در برابر قوطی فولادی و آلومینیومی

ویژگی	قوطی کامپوزیتی GFRP	قوطی فولادی S235	قوطی آلومینیوم T6-6063
چگالی (g/cm³)	۱٫۸۵	۷٫۸۵	۲٫۷
مقاومت (MPa)	۲۴۰ – ۳۵۰ (نهایی)	۲۳۵ (تسلیم)	۱۷۰ (تسلیم)
مدول الاستیسیته (GPa)	۲۳ – ۲۸	۲۱۰	۷۰
مقاومت ویژه (مقاومت / چگالی)	≈ ۱۳۰ – ۱۹۰	≈ ۳۰	≈ ۶۳
خوردگی در محیط شیمیایی و دریایی	ندارد	شدید	متوسط
رسانایی الکتریکی / حرارتی	عایق / ≈ ۰٫۳	رسانا / ≈ ۵۰	رسانا / ≈ ۲۰۰
عامل حاکم بر طراحی	خیز و کمانش	مقاومت	مقاومت و خیز

کاربردهای قوطی کامپوزیتی FRP

سازه سکو و راهرو
تیر، ستون و مهاربند سکوهای گریتینگ کامپوزیتی در محیط خورنده

هندریل و نرده
پایه و ریل هندریل FRP و حفاظ‌های ایمنی صنعتی

برج خنک‌کننده
ستون، تیر و مهاربند داخلی برج‌ها با قوطی GFRP

پست برق و خطوط انتقال
سازه‌های عایق، نردبان و سکوی کار نزدیک تجهیزات برق‌دار

سایبان، گلخانه و معماری
قاب سبک سایبان، گلخانه و نما با قوطی فایبرگلاس رنگی

تجهیزات و ماشین‌آلات
قاب، شاسی و نگهدارنده در صنایع شیمیایی، غذایی و آبکاری

فرمول‌های خواص مقطع قوطی کامپوزیتی

۱. سطح مقطع و وزن قوطی

$$A = B\,H - (B - 2t)(H - 2t)\,, \quad w = \rho\,A$$

A = 5000 − 40 × 90 = 1400 mm²؛ w = 1.85 × 1400 × 10^{-3} ≈ 2.59 kg/m :۵×۵۰×۱۰۰

۲. ممان اینرسی و مدول مقطع

$$I_x = \frac{B\,H^3 - b\,h^3}{12}\,, \quad W_x = \frac{2\,I_x}{H}$$

b = B − 2t، h = H − 2t. ۱۰۰×۵۰×۵: $I_x \approx 1.74\times10^6$ mm⁴، $W_x \approx 3.47\times10^4$ mm³

۳. شعاع ژیراسیون

$$i = \sqrt{\left(\frac{I}{A}\right)}$$

i = √(5.59×10^5 / 1100) ≈ 22.5 mm :۵×۶۰×۶۰؛ برای محاسبه لاغری ستون

۴. ثابت پیچشی مقطع بسته (برِدت)

$$J = \frac{4\,A_m^{\,2}\,t}{p_m}\,, \quad A_m = (B - t)(H - t)$$

p_m محیط خط میانی. ۴×۵۰×۵۰: J = 4 × 2116² × 4 / 184 ≈ 3.89×10^5 mm⁴

طراحی تیر با قوطی FRP (خیز خمشی + برشی)

۵. خیز کل تیر ساده تحت بار گسترده (تیموشنکو)

$$\delta = \frac{5\,q\,L^4}{384\,E\,I} + \frac{q\,L^2}{8\,G\,A_w} \le \frac{L}{250}\,, \quad A_w = 2\,t\,(H - 2t)$$

مثال — قوطی مستطیل کامپوزیتی ۱۰۰×۵۰×۵، دهانه ۲ m، بار گسترده ۱ kN/m، E = 23 GPa، G = 3 GPa:

$\delta_b = 5 \times 1 \times 2000^4 / (384 \times 23\,000 \times 1.74\times10^6) \approx 5.22$ mm

$A_w = 2 \times 5 \times 90 = 900$ mm² → $\delta_s = 1 \times 2000^2 / (8 \times 3000 \times 900) \approx 0.19$ mm

$\delta = 5.40$ mm ≤ L/250 = 8.0 mm ✓ ; $\sigma = qL^2/(8W_x) \approx 14.4$ MPa ≪ 240/2.5 = 96 MPa

خیز برشی در کامپوزیت به دلیل مدول برشی کم قابل توجه است و در دهانه‌های کوتاه سهم آن بیشتر می‌شود. در قوطی FRP تنش معمولاً بسیار کمتر از مجاز است و خیز حاکم بر طراحی است.

۶. کمانش موضعی دیواره فشاری قوطی

$$\sigma_{cr,local} \approx k \cdot \frac{\pi^2\,E}{12\,(1 - \nu^2)} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2\,, \quad k \approx 4$$

b عرض آزاد دیواره (B − t). برای قوطی‌های این برگه با b/t ≤ ۲۰، کمانش موضعی فراتر از مقاومت ماده است و حاکم نیست؛ در قوطی‌های جدار نازک با b/t بیشتر از ۳۰ باید کنترل شود (رابطه ساده‌شده برای صفحه ایزوتروپ؛ برای دقت بیشتر از ضوابط ارتوتروپ طراحی پالتروژن استفاده شود).

۷. تنش برشی جان‌های قوطی

$$\tau = \frac{V}{A_w} \le \frac{\tau_u}{FS}$$

V = qL/2 = 1000 N → τ = 1000 / 900 ≈ 1.1 MPa ≪ 25 / 2.5 = 10 MPa :مثال بالا؛ در تیرهای کوتاه با بار متمرکز سنگین، برش جان و لهیدگی زیر بار کنترل شود.

طراحی ستون، پیچش و اتصال قوطی کامپوزیتی

۸. کمانش کلی ستون (اویلر) و لاغری

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(K L)^2} \quad , \quad \lambda = \frac{K L}{i} \quad , \quad P_a = \frac{\min(P_{cr},\, \sigma_c A)}{FS}$$

مثال — ستون قوطی مربع ۶۰×۶۰×۵، طول ۲٫۵ m دو سر مفصل (K = 1):

$P_{cr} = \pi^2 \times 23\,000 \times 5.59\times10^5 / 2500^2 \approx 20.3$ kN ; $\lambda = 2500 / 22.5 \approx 111$

$\sigma_c A = 240 \times 1100 \approx 264$ kN → Euler governs → $P_a = 20.3 / 2.5 \approx 8.1$ kN

به دلیل مدول کم، ستون‌های کامپوزیتی لاغر با کمانش کلی کنترل می‌شوند؛ مهار میانی یا قوطی بزرگ‌تر (۷۶×۷۶×۶٫۴ با $P_{cr} \approx ۵۳$ kN) ظرفیت را چند برابر می‌کند.

۹. تنش برشی و زاویه پیچش

$$\tau = \frac{T}{2 A_m t} \quad , \quad \theta = \frac{T L}{G J}$$

۵۰×۵۰×۴ با T = 100 N·m: τ ≈ 5.9 MPa و θ ≈ 0.086 rad/m ≈ 4.9°/m

۱۰. ظرفیت لهیدگی اتصال پیچی

$$P_{br} = \frac{n \cdot d \cdot t \cdot \sigma_{br}}{FS}$$

۲ پیچ M10 در دیواره ۵ mm، σ_{br} = 150 MPa (E23)، FS = 3: $P_{br} = 2 \times 10 \times 5 \times 150 / 3 = 5.0$ kN

۱۱. فواصل حداقل پیچ

$$e_1 \geq 2d \; , \quad e_2 \geq 1.5d \; , \quad p \geq 4d$$

e_1 فاصله تا انتهای عضو، e_2 تا لبه کناری، p فاصله پیچ‌ها. پیچ M10: $e_1 \geq 20$، $e_2 \geq 15$، $p \geq 40$ mm

۱۲. انبساط حرارتی عضو

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

قوطی ۶ m، $\alpha = 9\times10^{-6}$/°C، ΔT = 40 °C → $\Delta L \approx 2.2$ mm؛ نزدیک فولاد و همخوان با سازه‌های مختلط

راهنمای ساخت و نصب با قوطی کامپوزیتی

۱ برش: قوطی FRP را با اره دیسکی تیغه الماسه یا کاربید ببرید؛ از سرعت زیاد و فشار کم برای جلوگیری از تورق لبه استفاده کنید.

۲ سوراخ‌کاری: با مته کاربیدی یا الماسه و قطر ۱ تا ۱٫۵ mm بزرگ‌تر از پیچ سوراخ کنید؛ زیر قطعه تکیه‌گاه بگذارید.

۳ آب‌بندی: سطوح برش و سوراخ قوطی کامپوزیتی را با رزین هم‌جنس بپوشانید تا الیاف در معرض رطوبت نباشند.

۴ اتصال: از نبشی و صفحه اتصال GFRP با پیچ استیل یا FRP و واشر عریض استفاده کنید؛ داخل قوطی در محل پیچ، بوش فاصله‌انداز بگذارید.

۵ گشتاور: پیچ‌ها را با گشتاور کنترل‌شده سفت کنید تا دیواره قوطی له نشود؛ از آچار ضربه‌ای استفاده نکنید.

۶ ایمنی: هنگام برش و سوراخ‌کاری از ماسک، عینک و دستکش استفاده و گرد الیاف را با مکنده جمع کنید.

استعلام قیمت قوطی کامپوزیتی FRP: ابعاد مقطع و ضخامت، طول و تعداد شاخه، رنگ، نوع رزین (ایزو، وینیل‌استر، ضد شعله) و کاربرد را اعلام کنید.
نابک سازه گستر | nabakcomposite.com | 021 4881 2124 | موبایل 0912 396 3078 | اینستاگرام @nabak.composite

سلب مسئولیت: اطلاعات این برگه فنی بر پایه داده‌های عمومی و رایج صنعت کامپوزیت FRP و GFRP و استاندارد EN 13706 تهیه شده و جنبه راهنما دارد. مثال‌ها آموزشی‌اند و طراحی سازه‌ای باید توسط مهندس انجام شود. نابک کامپوزیت حق اصلاح مشخصات فنی را بدون اطلاع قبلی محفوظ می‌دارد.